

EKSTRAKSI POLISAKARIDA MANAN DARI BUNGKIL INTI SAWIT (BIS)

Mannan Polyshaccaride Extraction from Palm Kernel Cake

Fikratul Ihsan⁽¹⁾, Hanifah Ulfa Azzahro⁽¹⁾, Anna Anggraini⁽²⁾ dan Alhaviz⁽³⁾

⁽¹⁾ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lancang Kuning

⁽²⁾ Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Universitas Jambi

⁽³⁾ Jurusan Agroteknologi, Universitas Lancang Kuning

* fikratulhsan@gmail.com

ABSTRACT

Palm kernel cake (PKE) is a residue product of palm kernel oil whose production has increased every year. Dietary fiber in there is mannan polysaccharides in palm kernel cake. Mannan polysaccharides consist of linear mannan, glucomannan, galactomannan and glucogalactomannan have the ability to bind water, so they can be used as thickeners by the food industry. This study aims to obtain the yield of mannan polysaccharides extracted using water solvent and NaOH solvents. The design used was a Completely Randomized Design (CRD) with one factor such as temperature (60°C, 100°C and 121°C) for water solvents and NaOH concentration (6%, 12% and 18%) for NaOH solvents. The results showed that temperature treatment had a significant effect on the yield produced and NaOH concentration treatment had a significant effect on the yield produced. The temperature treatment of 121°C produced the highest yield of 0.056 g/25 g BIS and the concentration treatment of 18% NaOH produced the highest yield of 0.281 g/25 mg BIS. The FTIR spectrum shows that the extraction results have increased the number of vibrations at a wavelength of 800-900 cm⁻¹ which is the C-H vibration region (β -pyranose bond) as a characteristic band of mannan polysaccharides.

Keywords: Palm kernel cake, NaOH, mannan polysaccharides, temperature

ABSTRAK

Bungkil inti sawit (BIS) merupakan hasil samping dari minyak inti sawit yang produksinya mengalami peningkatan setiap tahun. Serat pangan berupa polisakarida manan merupakan kandungan utama yang terdapat pada bungkil sawit. Polisakarida manan terdiri atas manan linear, glukomanan, galaktomanan dan glukogalaktomanan memiliki kemampuan dalam mengikat air, sehinggadapat dimanfaatkan sebagai bahan pengental oleh industri pangan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rendemen polisakarida manan yang diekstrak menggunakan pelarut air dan NaOH. Rancangan

yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor yakni suhu (60°C, 100°C dan 121°C) untuk pelarut air dan konsentrasi NaOH (6%, 12% dan 18%) untuk pelarut NaOH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan suhu berpengaruh nyata terhadap rendemen yang dihasilkan dan perlakuan konsentrasi NaOH berpengaruh nyata terhadap rendemen yang dihasilkan. Perlakuan suhu 121°C menghasilkan rendemen tertinggi sebesar 0.056 g/25 g BIS dan perlakuan konsentrasi 18% NaOH menghasilkan rendemen tertinggi sebesar 0,281 g/25 mg BIS. Spektrum FTIR menunjukkan bahwa, hasil ekstraksi telah meningkatkan jumlah vibrasi pada panjang gelombang 800-900 cm^{-1} yang merupakan daerah vibrasi C-H (ikatan β -piranosa) sebagai pita penciri dari polisakarida manan.

Kata Kunci: *bungkil inti sawit, NaOH, polisakarida manan, suhu*

PENDAHULUAN

Indonesia memproduksi 4,77 juta ton minyak inti sawit pada Tahun 2023 dan mengalami peningkatan produksi sebesar 5,56% dari tahun 2022 [1]. Pengolahan inti sawit menjadi minyak inti sawit menghasilkan produk samping berupa ampas atau bungkil inti sawit (BIS). Keberlanjutan produksi minyak inti sawit secara global menyebabkan meningkatnya jumlah BIS yang harus dimanfaatkan setiap tahunnya. Bungkil sawit dilaporkan memiliki kandungan gizi yang baik, sehingga masih dapat dimanfaatkan secara ekonomis. Pada umumnya bungkil sawit dimanfaatkan sebagai campuran pakan ternak ruminansia dan unggas [2]. Bungkil sawit memiliki kandungan total serat makanan (17,63%), protein kasar (13,56%), kadar air (6,84%) dan kadar abu (13,92%) [3].

Berdasarkan komposisi bungkil sawit yang telah dilaporkan, serat makanan merupakan komposisi dominan yang terdapat pada bungkil sawit, namun penelitian mengenai pemanfaatan serat makanan pada bungkil sawit masih terbatas. Beberapa penelitian menghidrolisis serat makanan yang tidak dapat dicerna oleh ternak menghasilkan monooligomanan yang bersifat

fungsional sehingga mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen pada usus hewan ternak dan meningkatkan daya cerna protein [4]. Pemanfaatan serat makanan yang terdapat pada bungkil sawit dapat diekstraksikan tanpa dihidrolisis dan dimanfaatkan sebagai aditif atau bahan tambahan pangan (BTP).

Polisakarida mannan merupakan komponen serat pangan utama yang menyusun dinding sel bungkil sawit [5]. Manan merupakan heteropolisakarida yang tersusun dari rantai linear β -1-4-D-mannosa dan D-glukosa, serta terdapat golongan manan yang tersubstitusi dengan rantai cabang α -1,6-D-galaktosa [6]. Karbohidrat golongan mannan dapat ditemukan dalam berbagai bentuk diantaranya manan linear, glukomanan, galaktomanan dan glukogalaktomanan. Hasil hidrolisis bungkil sawit menjadi monosakarida tersusun atas glukosa (7,7%), xylosa (2,6%), arabinosa (1,1%), galaktosa (1,9%) dan manosa (35,2%). Berdasarkan komposisi monosakarida penyusun bungkil sawit, maka glukomanan (tersusun atas rantai linear β -1-4-D-mannosa dengan rantai cabang 1,4- β -D-glukosa) dan galaktomanan (tersusun atas rantai linear β -1-4-D-mannosa dengan rantai cabang 1,6- α -D-galaktosa) [7] merupakan polisakarida manan yang potensial untuk diekstrak

dari BIS. Polisakarida manan dapat diekstrak dari BIS menggunakan pelarut air dan NaOH dikarenakan senyawa tersebut larut di dalam pelarut organik. Metode ekstraksi yang digunakan akan mempengaruhi rendemen dan tingkat kemurnian dari polisakarida manan. Oleh karena itu, penelitian dengan judul “Ekstraksi Polisakarida Manan dari Bungkil Inti Sawit” perlu untuk dilakukan.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan untuk tahap ekstraksi polisakarida manan adalah bungkil inti sawit, akuades dan etanol 96%. Alat yang digunakan pada tahap ekstraksi glukomanan adalah gelas piala 100 mL (Pyrex), erlenmeyer 250 mL, neraca analitik FS-AR210 (Fujitsu), hot plate, termometer, batang pengaduk, kertas saring, spektrofotometer FTIR, sentrifius dan kabinet dryer.

Ekstraksi Polisakarida manan dari BIS

Perlakuan 1: BIS ditimbang sebanyak 25 gram ditambahkan akuades sebanyak 1:4, lalu dipanaskan pada suhu 60°C, 100°C dan 121°C selama 1 jam dengan perlakuan (1, 2 dan 3 jam); Perlakuan 2: BIS ditimbang sebanyak 25 gram ditambahkan NaOH konsentrasi 6%, 12% dan 18% sebanyak 1:4, lalu dipanaskan pada suhu 60°C selama 1. Setelah masing-masing perlakuan dipanaskan, dilakukan tahap sentrifugasi pada 3000 rpm selama 30 menit hingga terbentuk lapisan terpisah berupa supernatan dan residu. Supernatan diambil dan ditambahkan etanol 96% sambil diaduk secara konsisten sebanyak 200 mL, kemudian di simpan dalam

lemari pendingin selama 24 jam. Endapan yang diperoleh dipisahkan menggunakan alat sentrifugasi untuk selanjutnya dilakukan tahapan pengeringan menggunakan oven pengering pada suhu 50°C selama 24 jam. Polisakarida manan hasil ekstraksi dihitung rendemen dan dilakukan identifikasi senyawa polisakarida manan menggunakan spektrofotometer FT-IR.

Analisis Data

Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua ulangan. Penentuan pengaruh kombinasi perlakuan dianalisis statistik dengan ANOVA kemudian dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) *Duncan* pada taraf nyata 5%.

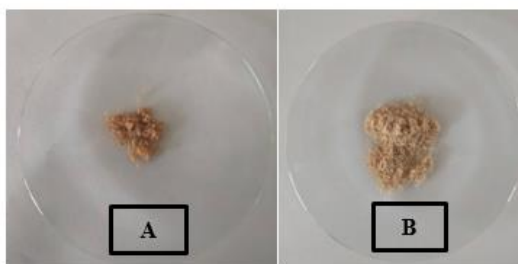
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Perlakuan terhadap Warna Polisakarida manan

Warna bubuk polisakarida manan hasil ekstraksi pelarut air dan pelarut NaOH teramati berwarna kecokelatan (Gambar 1). Hasil ekstraksi polisakarida manan yang menggunakan pelarut air diperoleh polisakarida manan berwarna coklat, larut air dan memiliki aroma harum khas gula [8].

Berdasarkan hasil penelitian teramati bubuk polisakarida manan yang diekstrak menggunakan pelarut air berwarna coklat gelap, sedangkan penggunaan pelarut NaOH menyebabkan warna berubah menjadi kecokelatan atau lebih terang. Glukomanan hasil ekstraksi pelarut air dari tepung porang memiliki warna kecokelatan hingga putih tergantung perbandingan anti-solvent yang digunakan [9]. Pada penelitian ini

anti-solvent yang digunakan adalah etanol 96% dengan perbandingan supernatan: antisolvent yakni 1:4, sedangkan bubuk glukomanan berwarna putih dihasilkan pada penggunaan solvent 1:20.



Gambar 1. Warna polisakarida manan hasil ekstraksi A= pelarut air dan B= pelarut NaOH

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa perbedaan penggunaan pelarut memengaruhi warna bubuk polisakarida manan. Hal ini diduga dikarenakan kandungan lignin yang terdapat pada BIS ikut terhidrolisis selama proses ekstraksi menggunakan pelarut NaOH. Pada bungkil inti sawit selain terdapat polisakarida mengandung manosa (manan linear, glukomanan, galaktomanan dan galaktoglukomanan) sebesar 56,4% [10] dan terdapat serat kasar sebesar 15,17% yang terdiri atas selulosa, lignin dan hemiselulosa^[3]. Pelarut NaOH memiliki kemampuan menghidrolisis lignin atau melarutkan lignin dari dinding sel tanaman [11] yang memberikan warna kuning kecerahan pada bubuk polisakarida yang dihasilkan. Secara fisik lignin berwarna kuning cerah [12]. Warna bubuk polisakarida manan mendekati putih atau lebih cerah tentu akan disukai dikarenakan penggunaannya sebagai bahan tambahan pangan (BTP), diharapkan tidak memengaruhi warna produk.

Pengaruh Pelarut Air terhadap Rendemen Polisakarida Manan

Penggunaan pelarut air dikarenakan sebagian polisakarida manan merupakan serat pangan larut air, sehingga pelarut air akan melarutkan polisakarida manan yang terdapat pada BIS (prinsip like or dissolve like). Kemampuan pelarut air dalam melarutkan polisakarida manan dipengaruhi oleh suhu yang digunakan. Hasil analisis ANOVA terhadap rendemen polisakarida manan, menunjukkan bahwa perlakuan suhu berpengaruh nyata terhadap rendemen yang dihasilkan. Hasil uji Duncan ($\alpha=5\%$), menunjukkan bahwa terjadi peningkatan rendemen seiring dengan meningkatnya suhu perlakuan namun peningkatan suhu dari 100°C ke 121°C tidak berpengaruh nyata. Data pengaruh perlakuan suhu terhadap hasil rendemen polisakarida manan dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Pengaruh Suhu terhadap Rendemen Polisakarida Manan

Perlakuan	Rendemen (g)
Suhu 60°C	0.023 ^a ±0.02
Suhu 100°C	0.046 ^b ±0.01
Suhu 121°C	0.058 ^b ±0.03

*a-d Angka-angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang berbeda, berbeda nyata ($p<0.05$, 2-tailed)

Berdasarkan Tabel 4.1 Hasil rendemen polisakarida manan yang diperoleh berkisar antar 0,023-0,058 gram dari 25 gram BIS. kandungan total gula mengandung manan dari BIS menggunakan pelarut air panas yakni 0.052 gram dari 25 gram BIS^[10]. Rendemen tertinggi terdapat pada perlakuan suhu 121°C yakni sebesar 0,058 gram dari 25 gram BIS, namun tidak berbeda nyata dengan rendemen yang diperoleh pada perlakuan suhu

100°C yakni sebesar 0,046 gram dari 25 gram BIS.

Peningkatan suhu hingga 100°C mampu meningkatkan rendemen polisakarida manan, namun peningkatan suhu menjadi 121°C menghasilkan rendemen yang tidak berbeda nyata. Rendemen polisakarida yang diekstrak menggunakan pelarut air suhu 100°C dari rumput laut *C. Crassa* dan *U. Lactuca* mengalami peningkatan secara signifikan dibandingkan menggunakan pelarut air dingin [13]. Penggunaan suhu 80°C merupakan suhu terbaik untuk mengekstrak glukomanan dari umbi gembili dan tepung porang [9,14].

Peningkatan suhu hingga 100°C menyebabkan meningkatnya kelarutan polisakarida manan pada air, namun semakin meningkat suhu menyebabkan polisakarida manan terhidrolisis menjadi oligosakarida dan monosakarida [15]. Hal ini menyebabkan pada tahap pengendapan senyawa berukuran besar yang diduga merupakan polisakarida manan menggunakan anti-solvent yakni etanol 96%, tidak banyak yang mengendap karena telah terhidrolisis menjadi senyawa dengan berat molekul lebih sederhana. Senyawa dengan berat molekul lebih sederhana seperti oligosakarida maupun monosakarida akan mudah terlarut pada etanol [16].

Pengaruh Pelarut NaOH terhadap Rendemen Polisakarida Manan

Kemampuan pelarut NaOH dalam melarutkan polisakarida manan dipengaruhi oleh konsentrasi yang digunakan (Azizi *et al.*, 2020). Hasil analisis ANOVA terhadap rendemen polisakarida manan, menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi berpengaruh nyata terhadap rendemen yang dihasilkan. Hasil uji Duncan ($\alpha=5\%$), menunjukkan

bahwa terjadi peningkatan rendemen pada konsentrasi NaOH 18% secara nyata, namun penggunaan konsentrasi NaOH 6% hingga NaOH 12% tidak meningkatkan rendemen polisakarida manan yang dihasilkan secara nyata. Data pengaruh perlakuan konsentrasi NaOH terhadap hasil rendemen polisakarida manan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pengaruh Konsentrasi terhadap Rendemen Polisakarida Manan

Perlakuan	Rendemen (g)
6% NaOH	0.106 ^a ±0.02
12% NaOH	0.161 ^a ±0.01
18% NaOH	0.281 ^b ±0.03

*a-b Angka-angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang berbeda, berbeda nyata ($p<0.05$, 2-tailed)

Berdasarkan Tabel 2 Hasil rendemen polisakarida manan yang diperoleh berkisar antara 0,106-0,281 gram dari 25 gram BIS. Semakin meningkat konsentrasi NaOH yang digunakan maka semakin tinggi rendemen yang dihasilkan. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [2] melaporkan bahwa terjadi peningkatan kadar polisakarida yang diekstrak dari biji asam jawa seiring dengan meningkatnya konsentrasi NaOH dan waktu ekstraksi yang dilakukan.

Hasil rendemen yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan hasil rendemen menggunakan air. Rendemen polisakarida yang diekstrak dari rumput laut jenis *U. Lactuca* paling tinggi diperoleh menggunakan pelarut NaOH 0,05% dibandingkan dengan pelarut air [13]. Hal ini diduga dikarenakan tidak hanya polisakarida manan yang ikut terekstrak namun serat kasar berupa lignin yang terdapat pada BIS juga ikut terlepas dari dinding sel sehingga terlarut di dalam NaOH. Serat kasar merupakan kelompok polisakarida yang paling banyak terdapat pada dinding sel

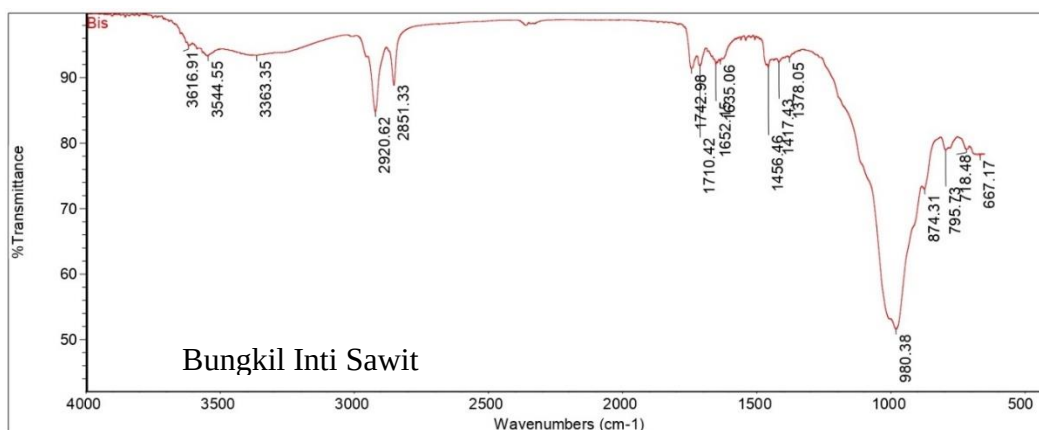
tanaman, karena berperan sebagai senyawa penyusun dinding sel tanaman.

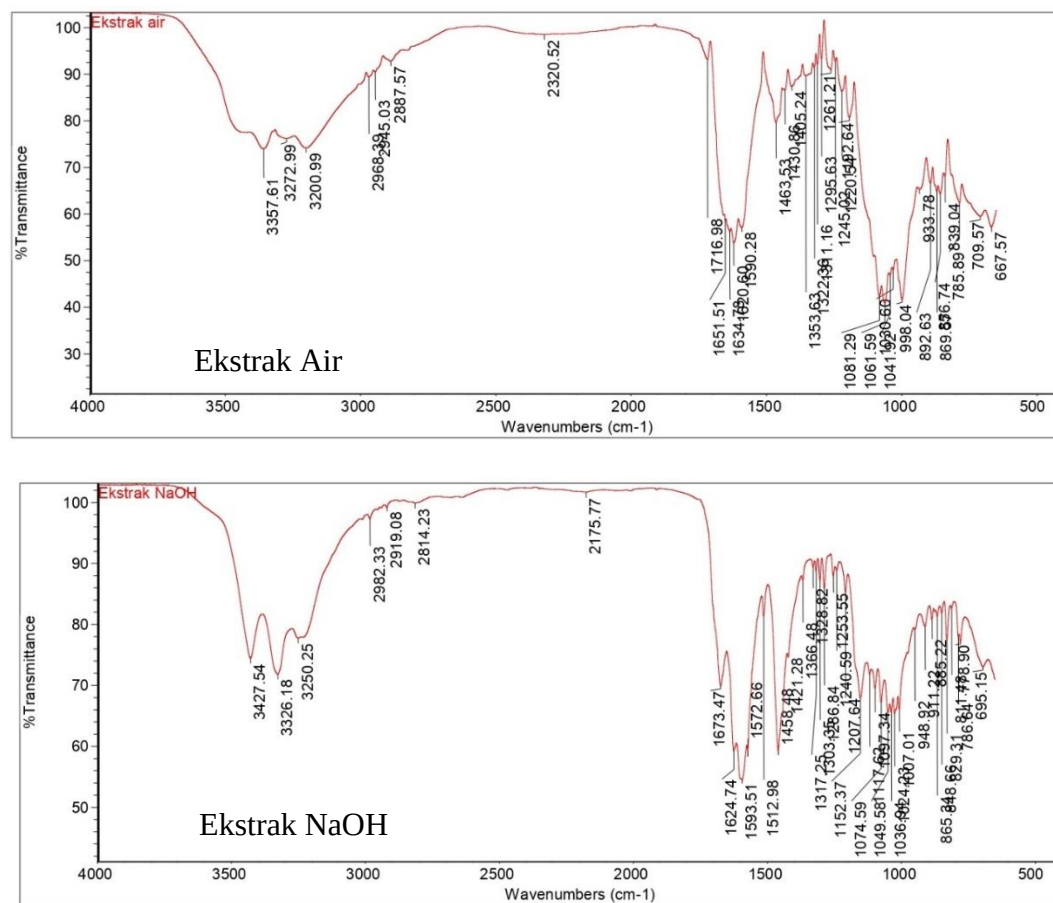
Terlaluarnya lignin dalam NaOH dan penambahan etanol menyebabkan terendahnya lignin dikarenakan memiliki berat molekul yang cukup besar. Lignin pada ekstrak polisakarida manan tentu tidak diinginkan, dikarenakan akan memengaruhi kemurnian polisakarida manan, kemampuan polisakarida manan untuk larut di dalam air dan kemampuan polisakarida manan dalam mengikat air. Pada industri pangan, polisakarida manan seperti galaktomanan dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pangan karena memiliki kemampuan mengikat air [16], sedangkan lignin tidak memiliki kemampuan dalam mengikat air.

Analisa Gugus Fungsional

Pengujian FTIR bertujuan untuk menganalisis gugus fungsional yang

terdapat pada sampel menggunakan spektrofotometer FTIR. Hasil analisis FTIR berupa peak pada bilangan gelombang (*wavenumber*) $3500\text{--}400\text{ cm}^{-1}$. Pada bilangan gelombang FTIR terdapat dua daerah yakni daerah gugus fungsional yang berada pada bilangan gelombang $4000\text{--}1400\text{ cm}^{-1}$ dan daerah sidik jari berada pada bilangan gelombang $1400\text{--}400\text{ cm}^{-1}$. Daerah sidik jari menjadi penciri suatu senyawa dikarenakan pada daerah ini menghasilkan pola-pola serapan khas dari satu molekul yang saling memengaruhi, sedangkan daerah gugus fungsional terbentuk akibat vibrasi dua atom yang dipengaruhi oleh massa atom yang saling berikatan [17]. Spektrum FTIR bungkil inti sawit dan ekstrak polisakarida manan ditunjukkan pada Gambar 2.





Gambar 2. Spektrum FTIR Polisakarida Manan

Berdasarkan hasil spektrum yang diperoleh terdapat pergeseran bilangan gelombang terutama pada daerah sidik jadi $1400\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ dari sampel bungkil inti sawit dan polisakarida manan. Hasil spektrum menunjukkan tidak terlalu banyak pergeseran bilangan gelombang dari polisakarida manan hasil pelarut air dan polisakarida manan hasil pelarut NaOH. Polisakarida manan merupakan polisakarida larut air yang terdiri atas manan linear, glukomanan, galaktomanan dan galaktoglukomanan. Penyusun utama polisakarida manan yakni glukomanan tersusun atas gugus manosa dan glukosa dalam β -piranosa dengan ikatan β -1-4 glukosidik dan ikatan β -1-4 manosidik [18], sedangkan galaktomanan tersusun atas manosa dan galaktosa dalam β -piranosa dengan ikatan β -1-4 manosidik. Bilangan gelombang penciri β -piranosa

terdeteksi pada bilangan gelombang $800\text{--}900\text{ cm}^{-1}$ [19].

Pada penelitian ini terdapat beberapa pita serapan yang dideteksi sebagai bilangan gelombang glukomanan dan galaktomanan yang terletak pada panjang gelombang $800\text{--}900\text{ cm}^{-1}$, namun pada sampel bungkil inti sawit hanya terdeteksi pada bilangan gelombang 874 cm^{-1} . Hal ini dikarenakan pada sampel BIS terdapat senyawa lain dengan intensitas tinggi seperti protein [17], sehingga serapan pita β -piranosa memiliki intensitas yang rendah, jika dibandingkan dengan hasil ekstraksi. Pergeseran gugus fungsional pada sampel BIS dan polisakarida manan yang diekstrak menggunakan pelarut air dan NaOH dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Gusus Fungsional BIS dan Bungkil Inti Sawit

Jenis Vibrasi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		
	Bungkil Inti Sawit	Polisakarida manan Pelarut air	Polisakarida manan Pelarut NaOH
C-H (ikatan β -piranosa)	874,31	839.04;856.74;869.57 dan 892.63	811.48;829.31;848.66;865.34 dan 885,22
C-O-C (gugus asetil)	-	1030.60 dan 1041.92	1007.01;1024.23;1036.94 dan 1049.58
C-OH (gugus aldehyd)	-	1061.59; 1081.29; 1192.64; 1220.54 dan 1245.02	1097.34; 1117.62; 1152.37; 1207.64 dan 1240.59
N-H (gugus Amin)	1378.05; 1417.43; 1417.43; dan 1456,46	1463.53	1366.48 dan 1421.28
C=O (gugus asetil)	1635.06; 1652.15; 1710.42 dan 1742.98	1634.78; 1651.51 dan 1716.98	1673.47
C-H (ikatan karbohidrat)	2851.33 dan 2920.62	2887.57; 2945.03 dan 2968.39	2919.08 dan 2982.33
OH (gugus hidroksil)	3363.35; 3544.55; dan 3616.91	3200.99; 3272.99 dan 3357.61	3250.25; 3326.18 dan 3427.54

Tabel 3. menunjukkan terdapat beberapa gugus fungsional yang menandakan bahwa polisakarida manan telah berhasil diekstrak dari bungkil inti sawit selain pergeseran pada daerah sidik jari yang telah terdeteksi. Pada spektrum FTIR BIS dan polisakarida manan terdeteksi serapan berupa vibrasi C-O-C (gugus asetil) pada bilangan gelombang 1000-1050 cm⁻¹, vibrasi C=O (gugus asetil) pada bilangan gelombang 1850-1630 cm⁻¹, vibrasi C-OH (gugus aldehyd) terdeteksi pada bilangan gelombang 1050-1250 cm⁻¹, vibrasi C-H ikatan karbondioksida pada bilangan gelombang 2850-3000 cm⁻¹ [20] dan vibrasi -OH (gugus hidroksil) terdeteksi pada bilangan gelombang 3000-3700 cm⁻¹ [19]. Pada sampel BIS tidak terdeteksi vibrasi C-OH (gugus aldehyd) yang merupakan penyusun polisakarida manan terdiri atas manosa, glukosa dan galaktosa, hal ini dikarenakan intensitas yang sangat rendah dibandingkan dengan gugus fungsional senyawa lain. Selain gugus penyusun polisakarida, juga ditemukan

vibrasi N-H (gugus amin) yang menandakan terdapatnya protein pada sampel uji pada bilangan gelombang 1250-1540 cm⁻¹ [17]. Pada sampel penelitian ini juga terdeteksi adanya gugus fungsional protein pada ekstrak polisakarida dikarenakan beberapa protein memiliki sifat larut dalam pelarut air dan alkali seperti NaOH, namun intensitas lebih tinggi ditemukan pada sampel bungkil inti sawit.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Perlakuan suhu berpengaruh nyata terhadap rendemen polisakarida manan yang diekstrak menggunakan pelarut air dan konsentrasi NaOH berpengaruh nyata terhadap rendemen polisakarida manan yang diekstrak menggunakan pelarut NaOH. Rendemen terbaik diperoleh pada perlakuan suhu 100°C dan perlakuan konsentrasi NaOH 18%. Hasil pengujian

FTIR menunjukkan peningkatan jumlah vibrasi C-H (ikatan β -piranosa) pada bilangan gelombang 800-900 cm^{-1} pada polisakarida manan yang dihasilkan dibandingkan sampel bungkilinti sawit.

Saran

Penulis menyarankan untuk memberikan perlakuan fisik dan kimia untuk meningkatkan rendemen polisakarida manan dari Bungkil Inti Sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] GAPKI [Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia]. 2023. Siaran Pers: Kinerja Industri Minyak Sawit Tahun 2023 dan Prospek Tahun 2024. <https://gapki.id/news/2024/02/27/kinerja-industri-minyak-sawit-tahun-2023-prospek-tahun-2024/> (diakses 2024 Oktober 20).
- [2] Azizi, H, N., Foo, H, L., Loh, T, C., Chung, E, L. Is Palm Kernel Cake a Suitable Alternative Feed Ingredient for Poultry. *Animals*. 2021. 11(2021): 338-353.
- [3] Pasaribu, T. 2018. Effort To Improve the Quality of Palm Kernel Cake through Fermentation Technology and Enzyme Addition for Poultry. *Wartazoa*. 2018. 23(3): 119-128.
- [4] Purnawan, A., Yopi., Irawadi, T, T. Production OF Manooligomanan from Palm Kernel Cake by Mannase Produced from *Streptomyces Cyaneus*. *Journal of Biology and Biology Seducation*. 2017. 9(1): 73-80.
- [5] Shukor, H., Anuar, A., Kalil, M, S., Hamid, A, A. Small Review: Strategies for Palm Kernal Cake (PKC) As a New Potential Substrate in Biofuel Production. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*. 2019. 3(3): 248-258.
- [6] Moreira, L, R, S., Filho, E, X, F. An overview of Mannan Structure and Mannan-Degrading Enzyme System. *Appl. Microbiol Biotechnology*. 2008. 79(2008): 165-178.
- [7] Yeoman, C, J., Han, Y., Dadd, D., Schroeder, C, M., Mackie, R, I., Cann, I, K, O. Thermostable Enzymes as Biocatalysts in The Biofuel Industry. *Advances in Applied Microbiology*. 2020. 70(2020): 1-55.
- [8] Tafsir, M., Sofyan, L, A., Ramli, N., Wiryawan, K, G., Zarkasie, K., Piliang, W, G. Polisakarida mengandung Manan dari Bungkil Inti Sawit sebagai Antimikroba *Salmonella Typhimurium* pada Ayam. *Media Peternakan*. 2007. 30(2): 139-146.
- [9] Ihsan, F., Sugiyono, S., Suyatma, N, E. Karakteristik Galaktomanan dari Berbagai Sumber dan Pemanfaatannya sebagai Bahan Tambahan Pada Produk Pangan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 2022. 41(1):21-31.
- [10] Tafsir, M, Hanafi, N, D., Yusraini, E. Extraction Process of Palm Kernel Cake as a Source of Mannan for Feed Additive on Poultry Diet. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2017. 65(2017): 1-10.
- [11] Aprilianti, S. Pengaruh NaOH dan Waktu Hidrolisis terhadap Kadar Selulosa pada Daun Nanas. *Jurnal Teknik Kimia*. 2018. 1(24):28-33.
- [12] Kusumo, P., Biyono, S., Tegar, S., Isolasi Lignin dari Serbuk Grajen Kayu Jati dengan Metoda Klasson.

- Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan plikasi Teknik. 2020. 19(2):130-139.
- [13] Santi, A., Sunarti, V., Santoso, D., Tiwisari, A. 2012. Komposisi Kimia dan Profil Polisakarida Rumput Laut Hijau. Jurnal Akuatika. 2012. 3(2): 106-114.
- [14] Utomo, S., Adnan, A,Z., Lestari, R,S,D dan Sari, D,K. Pengaruh Rasio Pelarut dan Waktu Ekstraksi terhadap Ekstraksi Umbi Gembili (*Discorea esculenta* L) Berbantu Gelombang Mikro. Prosiding Seminar Nasional “Kejuangan”. 2019. Yogyakarta: UPN Yogyakarta.
- [15] Setiawati, E. Ekstraksi Glukomanan dari Umbi Porang. Jurnal Kovalen. 2017. 3: 234-241.
- [16] Ihsan, I., Anggraini, A., Azzahro, H, U. Ekstraksi Glukomanan dari Tepung Porang (*Amorphophallus onchophyllus*) dengan Kombinasi Perlakuan Waktu Ekstraksi dan Anti-Solvent. Jurnal Teknologi Pertanian. 2023. 12(2): 99-108.
- [17] Albuquerque, B,S,P., Miguel, A,C., Antonio, A,V., Jose, A,T and Maria, G. Immobilization of Bioactive Compounds in *Cassia grandis* Galactomannan-based Films: Influence on Physicochemical Properties. International Journal of Biological Macromolecules. 2017. 96: 727-735.
- [18] Septiawan, A,D., Darma, G,C,E dan Aryani, R. Pembuatan dan Karakteristik Glukomanan dari Umbi Porang sebagai Bahan Pengikat Tablet. Prosiding Farmasi. 2022. 508-515.
- [19] Nugraheni, B., Anastasia, S,P dan Advistasari, Y,D. Identifikasi dan Analisis Kandungan Makronutrien Glukomanan Umbi Porang (*Amorphophallus onchophyllus*). JIFFK. 2018. 15(2): 77-82.
- [20] Mardini, D, D., Sofiana, M, S, J., Safitri, I. Analisis FTIR dari Ekstrak Cair *Sargassum polycystum* dan *Padin australis* Asal Perairan Lemukutan. 2024. 7(1): 12-17.